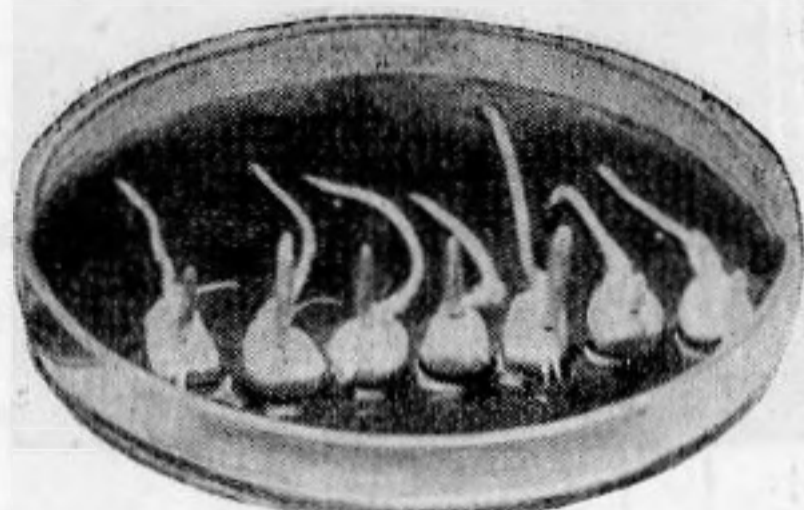
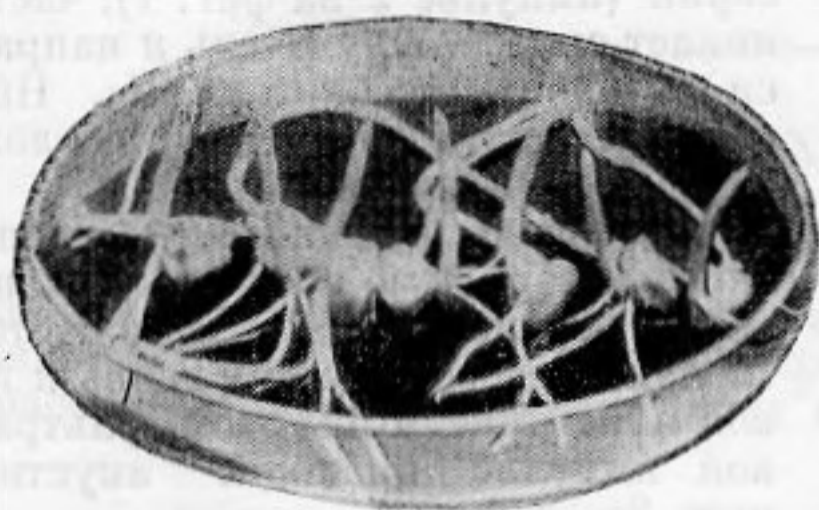


озвучивания. Однако этим, по-видимому, стимулирующий эффект ультразвуковых волн полностью не определяется. Механизм описываемой стимуляции развития растения более сложен, на что указывают следующие опыты. Озвучивание семян производилось в закрытых стеклянных бюксах (10 серий опытов). При озвучивании в стеклянных бюксах стимулирующий эффект обнаруживался после 7 минут озвучивания. Однако, если перед озвучиванием воздух из бюкса вытеснялся водородом, тщательно очищенным от кислорода, то после семиминутного озвучивания ускорения всхожести семян кукурузы не наблюдалось. Семена, озвученные в присутствии водорода, по своему дальнейшему развитию на чашках Петри не отличались от контрольных семян и иногда даже отставали.



а

б

Семена кукурузы «Стерлинг» через 5 дней после замачивания:

а — семена озвучивались перед замачиванием в течение 5 минут; б — контрольные семена

Таким образом, стимуляция развития семян кукурузы обусловлена, по-видимому, биохимическими процессами, возникающими непосредственно во время озвучивания, в которых активное участие принимает кислород.

В настоящее время можно лишь высказать предположение, что в поле ультразвуковых волн происходит, по-видимому, «расшатывание» субмикроскопических структур оболочек зародыша, что способствует не только процессам набухания, но и облегчает реакцию взаимодействия названных структур с кислородом воздуха, с чем связано, вероятно, начало метаболической деятельности последних.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О. Истомина, Е. Островский. Влияние ультразвука на рост растений. Докл. АН СССР, 1936, 11, 155—160.
2. P. Metzner. Probleme der biologischen Ultraschallforschung. Probleme und Ergebnisse aus Biophysik und Strahlenbiologie, Leipzig, 1956, 386—396.
3. R. G. Busnel, G. Obolensky. Action des ultrasons sur la vitesse de germination et la croissance de l'orge. Compt. rend. 1954, 239, 777—778.

Институт биофизики АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
2 июня 1959 г.

#### НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ МЕТОДИКИ ДВУХ ФИКСИРОВАННЫХ РАССТОЯНИЙ

В. Н. Заливчий, Н. И. Кошкин, В. Ф. Поздрев

Импульсная методика двух фиксированных расстояний дает некоторые возможности для измерения других величин, кроме коэффициента поглощения.

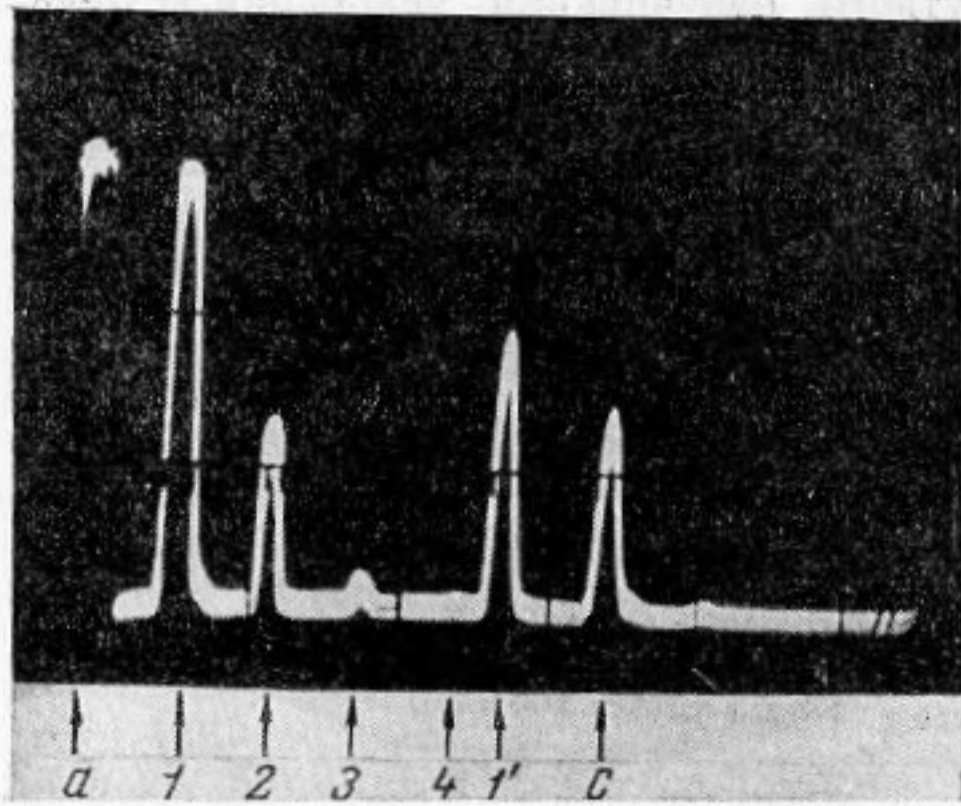
В этом случае на экране индикатора можно одновременно наблюдать систему импульсов (как, например, показано на фиг. 1). Цифрами 1, 2, 3, 4, и так далее, обозначены отраженные импульсы, получившиеся от отражателя, установленного на меньшем расстоянии от излучателя. Цифрой 1' обозначен первый отраженный импульс от второго отражателя, установленного на дальнем расстоянии от излучателя. Последующие импульсы от второго отражателя на осциллограмме не видны. На некотором расстоянии от импульса 1' виден импульс, обозначенный буквой С. Он не принадлежит ни одной из упомянутых серий.

При перемещении отражателя, установленного на большем расстоянии, импульс С, так же как и импульс 1', перемещается, причем его положение относительно импульса 1' на экране индикатора остается неизменным. По этой причине импульс С был назван «сателлитом».



Причину его появления легко понять из фиг. 2, на которой схематически изображена измерительная камера. Ультразвуковой импульс посылается излучателем к отражателям  $R_1$  и  $R_2$ .

Рассмотрим потери импульса, идущего к отражателю  $R_1$ . Часть его энергии теряется при отражении, часть поглощается на удвоенном акустическом пути  $2x_1$  в исследуемом объекте. Остальная часть возвращается к излучателю, давая начало первой серии импульсов. В момент приема часть энергии возвращается вновь к отражателю  $R_1$  и при вторичном возврате даст 2-й импульс первой серии (импульс 2 на фиг. 1), часть проникает сквозь излучатель и направляется в сторону отражателя  $R_2$ . Незначительная часть энергии поглощается кварцевой пластинкой.



Фиг. 1

Энергия импульса, прошедшая сквозь кварцевую пластинку в направлении отражателя  $R_2$ , отражается последним и возвращается вновь к кварцевой пластинке. При этом ультразвуковой импульс проходит акустический путь  $2x_1 + 2x_2$ .

Импульс, посланный одновременно с предыдущим, но в направлении отражателя  $R_2$ , пройдет такой же акустический путь, равный  $2x_2 + 2x_1$ . Поскольку расстояния  $x_1$  и  $x_2$  в процессе работы остаются неизменными, оба импульса приходят на кварцевую пластинку в фазе. Эти два импульса, прошедшие путь  $2x_1 + 2x_2$  в противоположных направлениях, и образуют сателлит. Заметим, что на экране индикатора можно наблюдать еще ряд сателлитов. Мы же используем пока только первый.

Условие наилучшей разрешимости импульсов 1, 1' и сателлита может быть выражено равенством:

$$x_2 = \frac{x_1}{2} (2m + 1), \quad (1)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  — расстояние от излучателя до отражателей, причем  $x_2 > x_1$ ,  $m$  — числа натурального ряда, начиная с единицы. Легко показать, что при выполнении уравнения (1) энергия ни одного из импульсов как первой, так и второй серии не может войти в качестве составляющей в энергию сателлита.

Предположим, что отражатели  $R_1$  и  $R_2$  изготовлены из одного и того же материала и, следовательно, имеют один и тот же коэффициент отражения  $k_1$ , что в исследуемой жидкости отсутствуют градиенты температур и начальные интенсивности ( $I_0$ ) ультразвуковых импульсов, посылаемых излучателем в двух противоположных направлениях, одинаковы. Тогда для интенсивности\* импульса  $I$  первой серии (см. фиг. 1 и фиг. 2) в момент приема его кварцевой пластинкой можно написать выражение:

$$I_1 = k_1 I_0 e^{-4\alpha x_1}. \quad (2)$$

Интенсивности 1-го импульса второй серии и 2-го импульса первой серии будут соответственно:

$$I'_1 = k_1 I_0 e^{-4\alpha x_1}, \quad (3)$$

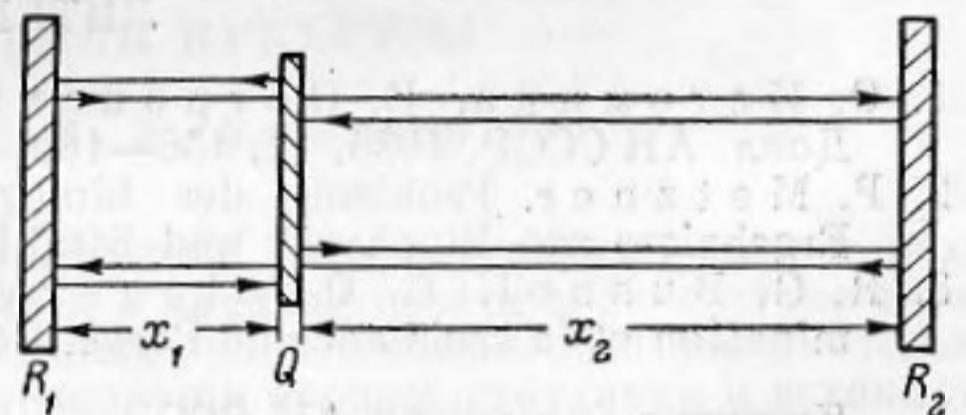
$$I_2 = k_1^2 (1 - k) I_0 e^{-8\alpha x_1}. \quad (4)$$

В уравнении (4) множитель  $(1 - k)$  учитывает долю энергии, возвращаемой кварцевой пластинкой в направлении отражателя в момент приема импульса. Считая потери ультразвуковой энергии в кварцевой пластинке малыми, можем принять долю проходящей сквозь пластинку энергии (по отношению к падающей) равной  $k$ .

Ультразвуковые колебания в импульсах, приходящих одновременно к кварцевой пластинке с двух противоположных направлений, будут иметь разность фаз равную нулю. Амплитуды их равны. Следовательно, интенсивность сателлита будет

$$I_c = 4kk_1^2 I_0 e^{-4\alpha(x_2 + x_1)}. \quad (5)$$

Везде в тексте под интенсивностью соответствующих импульсов  $I_1$ ;  $I'_1$ ;  $I_2$ ; следует понимать интенсивность ультразвукового импульса.



Фиг. 2



Из уравнений (2) — (5) могут быть рассчитаны коэффициенты  $k_1$  и  $k$ , так как все остальные величины определяются экспериментально на одной и той же установке.

Проведенные измерения коэффициента отражения  $k_1$  на границах сталь — толуол, сталь — орто-ксилол, сталь — мета-ксилол дали значения, совпадающие со значениями, вычисленными по формуле Рэлея.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 В. Ф. Н о з д р е в. Применение ультразвуки в молекулярной физике. М., Госизд. физико-математ. лит-ры, 1958.

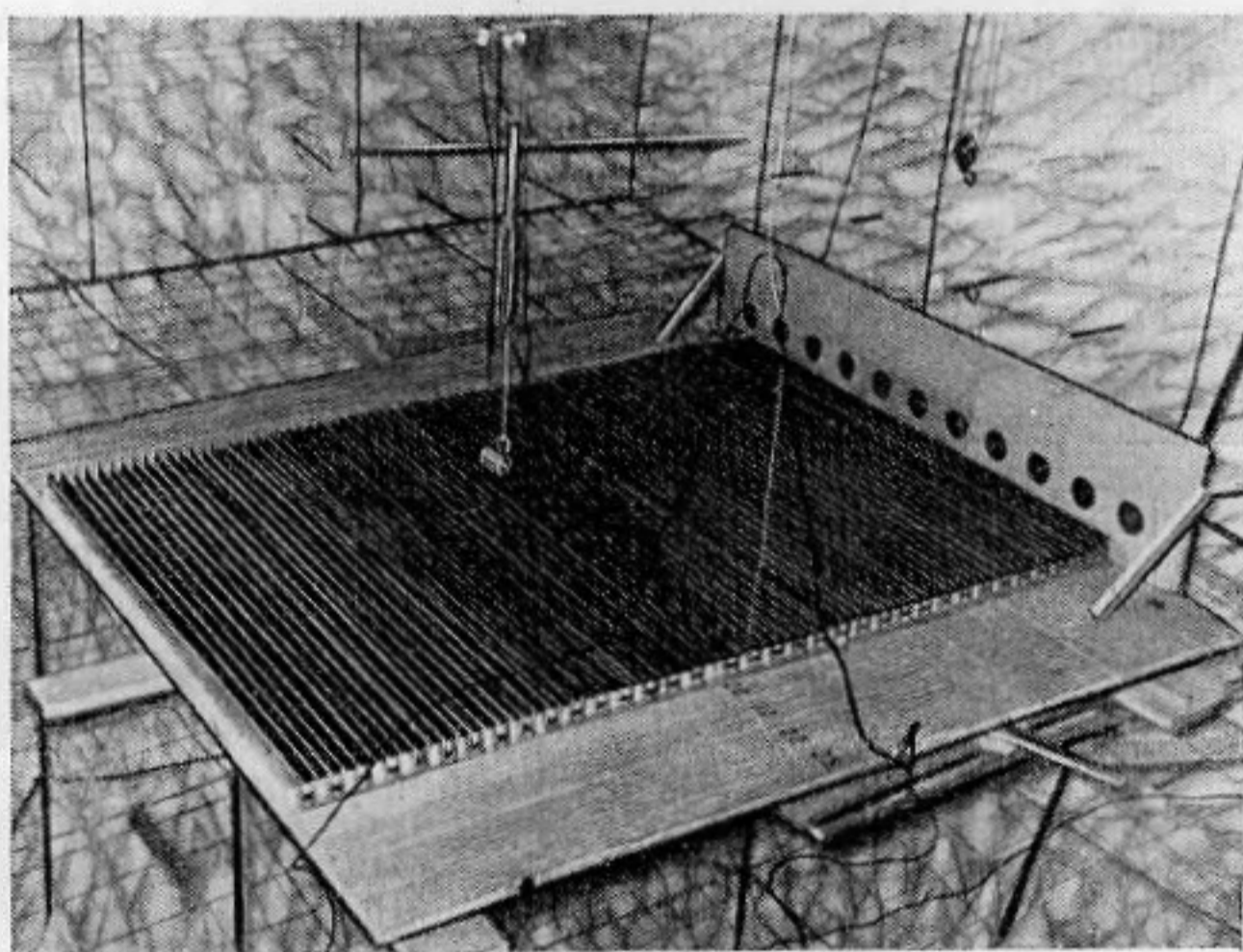
Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию  
21 марта 1959 г.

## К ИССЛЕДОВАНИЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В ВОЗДУХЕ

*К. М. Иванов-Шич, Ф. В. Рожин*

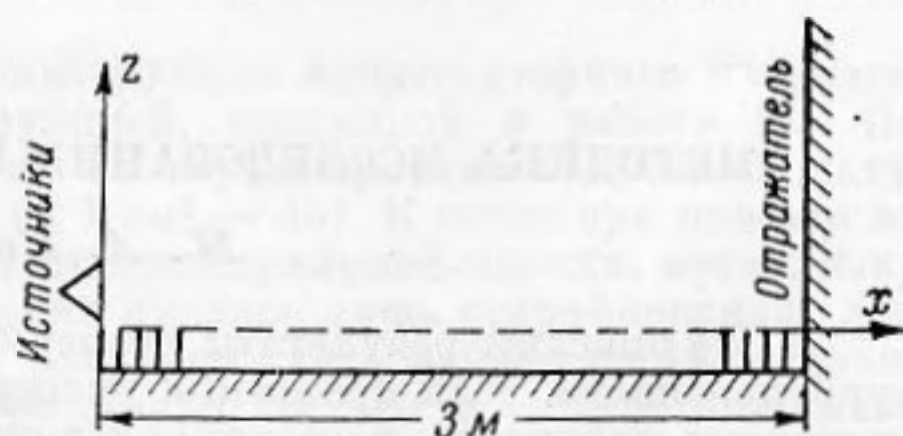
В недавно опубликованной работе Бреховских [1] указано на возможность получения самостоятельных поверхностных волн в воздухе, для чего должно быть обеспечено условие отрицательного импеданца некоторой поверхности.



Фиг. 1

На Кафедре акустики МГУ была создана экспериментальная установка для наблюдения этих волн (фиг. 1). В заглушенной камере был установлен жесткий деревянный щит размером  $3 \times 3 \text{ м}^2$ , на котором была смонтирована гребенка из тонких алюминиевых листов. Гребенка занимала площадь  $2 \times 3 \text{ м}^2$ ; высота ее была 8,5 см, шаг 2 см, при толщине листа 0,2 см. На одном конце гребенки на высоте 5 см располагалась цепочка из 11 говорителей, а на другом конце — жесткая отражающая поверхность (фиг. 2). Исследование звукового поля проводилось при помощи электродинамического микрофона, перемещаемого с помощью координатника над гребенкой.

Как следует из теории [1], над гребенкой должна устанавливаться бегущая поверхностная волна, звуковое давление в которой меняется по закону  $P_0 e^{-\alpha z - ihx}$ , где  $\alpha$  — показатель затухания,  $h$  — волновое число поверхностной волны. В нашем случае, как показывают расчеты, поверхностные волны должны хорошо наблюдаться в области частот от 200 до 500 гц; более низкие частоты дают поверхностную волну с



Фиг. 2

очень малым затуханием по фронту и малозаметной дисперсией скорости, а более высокие частоты дают волну, концентрирующуюся в очень тонком слое над решеткой. Поэтому все измерения проводились в области частот 200—500 гц.

С помощью быстродействующего регистратора уровня, кинематически связанного с координатником, были сняты картины изменения звукового давления по трем взаимно перпендикулярным направлениям. На фиг. 3 показана зависимость звукового давл